

УДК 621.391

**Адаптация цифровой системы передачи информации к метеорному каналу/ Воргуль А. В., Сулейман Ю. Х** // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 1 (977). – С. 42-45. – Бібліогр.:5 назв.

Проведено комп'ютерне моделювання методів адаптації цифрової системи передачі інформації до метеорного каналу. Розглянуто автоматичний регулятор підсилення з цифровим керуванням та лінійний еквалайзер. Зроблені рекомендації щодо використання методів для умов метеорного каналу.

**Ключові слова:** АРП, лінійний еквалайзер; АБГШ, метеорна система передачі інформації, метеорний канал.

Computer simulation of adaptation methods for a digital data communication system for meteor burst channel is carried out. AGC with digital control and linear equalizer are considered. Recommendations on use of the methods for the conditions of meteor burst channel are made.

**Keywords:** AGC, linear equalizer, AWGN, meteor burst telecommunication system, meteor burst channel.

УДК621.391

**В. Л. СТЕРИН**, директор, Харьковский филиал АО «Киевстар»;

**Т. В. ВАВЕНКО**, аспирант, ХГУРЭ, Харьков;

**Д. М. ЕФЕРОВ**, магистрант, Харьковский университет воздушных сил им. И.Кожедуба,. Харьков,

## **МАРШРУТИЗАЦИЯ С БАЛАНСИРОВКОЙ НАГРУЗКИ ПО ДЛИНЕ ОЧЕРЕДИ НА УЗЛАХ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ**

Предложена потоковая модель многопутевой маршрутизации с балансировкой нагрузки по длине очереди на узлах телекоммуникационной сети, проведено ее исследование и сравнение с другими моделями.

**Ключевые слова:**многопутевая маршрутизация с балансировкой нагрузки, многопутевая задержка, коэффициент максимального использования каналов связи, длина очереди, трафик.

**Введение.** В современных телекоммуникационных сетях (ТКС), которые развиваются в рамках концепции NGN (NextGenerationNetwork) [1, 2], значения показателей качества обслуживания (QualityofService, QoS) [3] во многом зависят от эффективности решения задач маршрутизации. Одним из направлений развития современных протоколов маршрутизации является придание им функций балансировки нагрузки по множеству путей. Реализация технологии балансировки нагрузки на практике позволяет оптимизировать решение задачи маршрутизации и эффективно использовать ресурсы сети, в результате чего улучшаются значения показателей QoS. Задачи балансировки нагрузки актуальны как при модернизации протоколов маршрутизации, так и для усовершенствования процедур распределения информации в ходе решения проблем проектирования телекоммуникационных систем. Задача маршрутизации (распределения потоков) в телекоммуникационных системах является одной из частных задач наряду с такими задачами как выбор топологии и пропускных способностей каналов связи, но одной из ключевых, от которой зависят численные значения показателей QoS.

При этом совершенствование протоколов маршрутизации во многом обусловлены пересмотром математических моделей и методов, положенных в их основу. В этой связи актуальной научной и прикладной задачей является совершенствование известных или развитие новых моделей маршрутизации с балансировкой нагрузки [4, 5].

**Обзор моделей маршрутизации с балансировкой нагрузки.** На сегодняшний день существует достаточно широкое множество математических моделей маршрутизации. Как показал анализ, протоколы маршрутизации опираются преимущественно на графовые модели, которые обладают рядом недостатков: ограниченность возможностей по балансировке нагрузки, а также отсутствие учета потокового характера трафика, циркулирующего в современных ТКС. Как показал проведенный анализ, на сегодняшний день наиболее перспективными являются потоковые модели маршрутизации [6, 7], в большинстве из которых используется критерий, базирующийся на минимизации максимального использования каналов ТКС [8].

В рамках моделей маршрутизации по коэффициенту максимальной загрузки каналов ТКС коэффициент балансировки с ростом загруженности сети растет линейно, это гарантирует отсутствие колебаний в численных значениях основных показателей качества обслуживания [7-10]. Однако в результате исследования подобных моделей [11] выявлено условия, при которых балансировка нагрузки по критерию максимального использования каналов связи не всегда (не для всех структур и типов каналов связи) позволяет максимально улучшить значения показателей качества обслуживания. Поэтому предлагается изменить критерий при решении задачи маршрутизации с целью повышения значений показателей качества обслуживания.

Как известно, рост интенсивности случайного и нестационарного по своей природе сетевого трафика вызывает образование очередей на узлах ТКС. Именно в очереди пакеты испытывают максимальные задержки, а при их переполнении возникают потери пакетов [12]. В этой связи при разработке модели маршрутизации с балансировкой нагрузки в качестве критерия предлагается использовать минимум длин очередей на маршрутизаторах ТКС.

**Модель маршрутизации с балансировкой нагрузки по длине очереди на узлах ТКС.** В рамках модели маршрутизации с балансировкой нагрузки по длине очереди структура ТКС описывается с помощью графа  $G = (V, E)$ , где  $V$  – это множество узлов сети,  $E$  – множество каналов сети. Для каждой дуги  $(i, j) \in E$  характерна ее пропускная способность  $c_{ij}$ . Каждому трафику из множества  $K$  сопоставлен ряд параметров: пусть  $d_k$ ,  $s_k$ ,  $t_k$  – интенсивность  $k$ -го трафика, узел-источник и узел-получатель соответственно. Управляющей переменной служит величина  $x_{ij}^k$ , которая характеризует долю  $k$ -го трафика, протекающего в канале  $(i, j) \in E$ . В соответствии с физикой решаемой задачи на переменные  $x_{ij}^k$  накладываются следующие ограничения:

$$0 \leq x_{ij}^k \leq 1. \quad (1)$$

С целью не допустить потери пакетов на сетевых узлах и в сети в целом, в модели предусмотрено условие сохранения потока:

$$\begin{cases} \sum_{j:(i,j) \in E} x_{ij}^k - \sum_{j:(j,i) \in E} x_{ji}^k = 0, & k \in K, i \neq s_k, t_k, \\ \sum_{j:(i,j) \in E} x_{ij}^k - \sum_{j:(j,i) \in E} x_{ji}^k = 1, & k \in K, i = s_k, \\ \sum_{j:(i,j) \in E} x_{ij}^k - \sum_{j:(j,i) \in E} x_{ji}^k = -1, & k \in K, i = t_k. \end{cases} \quad (2)$$

Чтобы в сетях с полудуплексными и (или) дуплексными каналами связи не возникали заикливания пакетов, необходимо обеспечить выполнение дополнительных нелинейных условий [11]:

$$x_{ij}^k \cdot x_{ji}^k = 0, (i, j) \in E, k \in K. \quad (3)$$

Кроме этого, для предотвращения перегрузки в симплексных и дуплексных каналах сети необходимо обеспечить выполнение условий:

$$\sum_{k \in K} d_k x_{ij}^k \leq c_{ij}, (i, j) \in E, \quad (4)$$

и также для полудуплексных каналов:

$$\sum_{k \in K} d_k x_{ij}^k + \sum_{k \in K} d_k x_{ji}^k \leq c_{ij}, (i, j) \in E. \quad (5)$$

В ходе решения задачи маршрутизации минимизируется суммарная длина очереди на узлах ТКС:

$$\min \sum_{i \in V} \sum_{\substack{j \in V \\ j \neq i}} n_{ij}, \quad (6)$$

где  $n_{ij}$  – длина очереди в  $i$ -м узле на исходящем интерфейсе к  $j$ -му узлу ( $i, j \in V, i \neq j$ ).

В рамках потоковой модели (1)-(6) задача поиска множества оптимальных путей сведена к задаче нелинейного программирования по минимизации величины (6) при наличии ограничений (1)-(5).

В данной работе при проведении исследований процесс обслуживания в отдельных каналах моделировался, для примера, с помощью системы массового обслуживания М/М/1, в рамках которой средняя длина очереди выражалась следующей зависимостью:

$$\bar{n}_{ij} = \frac{\rho_{ij}}{1 - \rho_{ij}} - \rho_{ij}, \quad (7)$$

$$\rho_{ij} = \frac{x_{ij}}{c_{ij}}. \quad (8)$$

**Анализ модели маршрутизации с балансировкой нагрузки по длине очереди на узлах ТКС.** В ходе анализа сравнению подлежали две модели: предлагаемая модель (1)-(6) и модель маршрутизации по коэффициенту максимальной загрузки каналов ТКС [8]. Именно результаты решения задачи маршрутизации, полученные в рамках этой модели [8], сегодня часто используют в качестве эталонных при настройке существующих протоколов маршрутизации. Условно назовем эту модель эталонной.

Для оценки эффективности решений используем значения одного из основных показателей качества обслуживания, например, многопутевую задержку. Пусть  $\tau_{ij}$  – это задержка в канале  $(i, j) \in E$  ТКС, которая в рамках системы массового обслуживания М/М/1 определяется следующим выражением:

$$\bar{\tau}_{ij} = \frac{1}{c_{ij} - x_{ij}}. \quad (9)$$

Тогда задержка  $\tau(p)$  вдоль пути  $p$  из множества путей  $P = \{p_1, p_2, \dots, p_L\}$ , где  $L$  – количество путей между узлом-отправителем и узлом-получателем, определяется по формуле:

$$\tau(p) = \sum_{(i,j) \in E} \bar{\tau}_{ij}. \quad (10)$$

Для расчета межконцевой многопутевой задержки будет использована формула [13, 14]:

$$T(P) = \max_{p_i \in P} \{\tau(p_i)\}. \quad (11)$$

Задача маршрутизации в рамках модели (1)-(6) и эталонной модели была решена для различных исходных данных (топологий ТКС, связности узлов, пропускных способностей каналов сети, интенсивности, узлов отправителя и получателя, длины пакетов, количества потоков, требований к качеству обслуживания). Для примера рассмотрим структуры

ТКС№1 (рис. 1) и №2 (рис. 3).

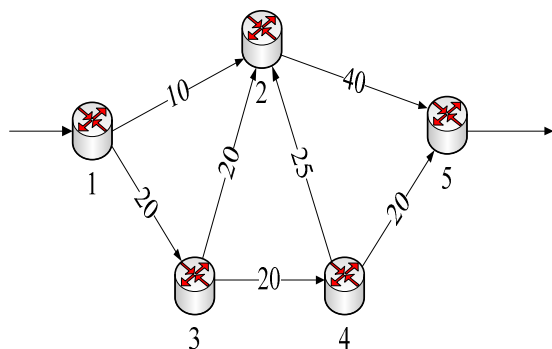


Рис. 1 - Структура телекоммуникационной сети №1

На этих рисунках числовые значения в каналах связи указывают на их пропускную способность, измеряемую в 1/с. Трафик передавался от узла 1 к узлу 5. Результаты сравнительного анализа решения задачи маршрутизации в рамках модели (1)-(6) и эталонной модели по показателю средней многопутевой задержки показаны на рис. 2 и рис.4.

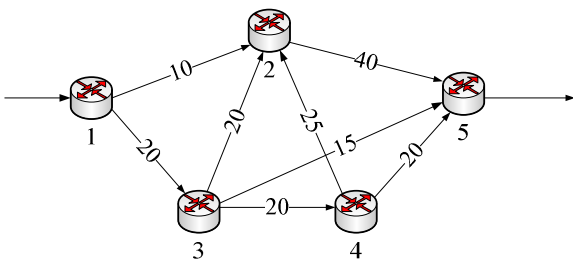


Рис. 3 - Структура телекоммуникационной сети №2

При анализе результатов с рис.2 и рис.4 заметим, что для рассматриваемых структур ТКС выигрыш по средней многопутевой задержке при решении задачи маршрутизации в рамках модели(1)-(6) по сравнению с решением в рамках эталонной модели в среднем составили от 3-9 % в зоне низких нагрузок до 13-16% в зоне высоких нагрузок. При решении задачи маршрутизации при других исходных данных наблюдалась подобная ситуация: значения многопутевой задержки полученное в рамках предложенной модели (1)-(6) были ниже, чем в рамках эталонной модели в среднем от 3-5 % до 15-20% в зависимости от нагрузки на сеть.

**Выводы.** В работе предложена модель многопутевой маршрутизации с балансировкой нагрузки по длине очереди на узлах ТКС. Предложенная модель маршрутизации проанализирована для различных структур ТКС. Проведено сравнение решения задачи маршрутизации в рамках предложенной модели с моделью по коэффициенту максимального использования каналов, которую используют в качестве эталонной при настройке и усовершенствовании существующих протоколов маршрутизации. Использование модели балансировки нагрузки по длине очереди позволило улучшить значения многопутевой задержки в среднем от 3-5 % до 15-20 % по сравнению с эталонной моделью. Наибольшие выигрыши по показателям замечены при средних и высоких нагрузках на сеть, когда на узлах сети возникают очереди, что и определяет предпочтительную область и условия ее применения.

**Список литературы:** 1. Y.2001. ITU-T. Recommendation Y.2001: General overview of NGN [Text] / ITU-T. – Geneva, 2004. – 18 p. 2. NGN: принципы построения и организации / под ред. Ю. Н.

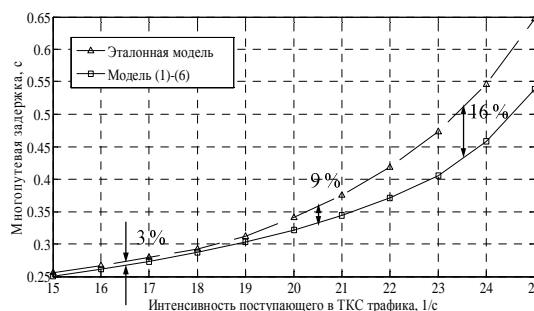


Рис. 2 - Результаты сравнения средних задержек при решении задачи маршрутизации для структуры №1 в рамках модели (1)-(6) и эталонной модели

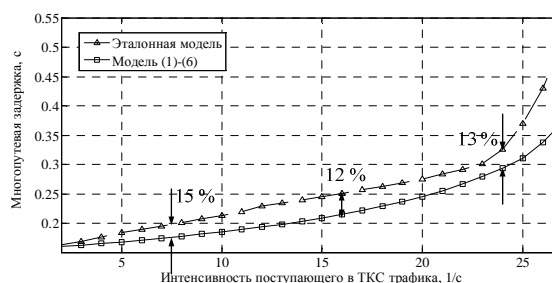


Рис. 4 - Результаты сравнения средних задержек при решении задачи маршрутизации для структуры №2 в рамках модели (1)-(6) и эталонной модели

Чернышова. – М.: Эко-Трендз, 2008. – 400 с. 3. Вегенша III. Качество обслуживания в сетях IP: пер. с англ. – М.: Издат. дом «Вильямс», 2003. – 386 с. 4. Medhi D. Network routing: algorithms, protocols, and architectures [Text] / D. Medhi, K. Ramasamy. - Morgan Kaufmann: Elsevier Digital Press, 2007. – 788 p. 5. Остерлох Х. Маршрутизация в IP-сетях. Принципы, протоколы, настройка / Х. Остерлох. – СПб.: BHV. – СПб., 2002. – 512 с. 6. Поповский В. В., Лемешко А. В., Мельникова Л. И., Андрушко Д. В. Обзор и сравнительный анализ основных моделей и алгоритмов многопутевой маршрутизации в мультисервисных телекоммуникационных сетях // Прикладная радиоэлектроника. - 2005. – Том.4. – Вып. № 4. – С. 372-382. 7. Лемешко О. В., Дробот О. А., Симоненко Д. В. Результати порівняльного аналізу поточкових моделей маршрутизації в телекомунікаційних мережах // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. Вип. 1(13), 2007. – С. 66-69. 8. Wang Y., Wang Z. Explicit routing algorithms for Internet Traffic Engineering // Proc. of 8th International Conference on Computer Communications and Networks. Paris, 1999. – P. 582-588. 9. Wang Y., Wang Z., Zhang L. Internet traffic engineering without full mesh overlaying // Proc. of INFOCOM'2001. – 2001. – p. 565-571. 10. Méridol P., Pansiot J., Cateloin S. Improving Load Balancing with Multipath Routing // Proc. of the 17th International Conference on Computer Communications and Networks, IEEE ICCCN 2008. – 2008. – p. 54-61. 11. Лемешко А. В., Вавенко Т. В. Анализ решений задач однопутевой и многопутевой маршрутизации многопоточкового трафика в телекоммуникационных сетях // Системи обробки інформації. - Вип. 8(98). - 2011. - С. 224-228. 12. Справочник по телекоммуникационным технологиям. Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс». 2004. – 640 с. 13. Chen J.-C., Chan S.H. Multipath Routing for Video Unicast over Bandwidth-Limited Networks Department of Computer Science // Proc. of GLOBECOM'01: San Antonio, Texas – Vol.3. – 2001. – p.1963-1997. 14. Mao S., Panwar S.S., Hou Y.T. On minimizing end-to-end delay with optimal traffic partitioning // IEEE Transactions on vehicular technology. – Vol.55, No.2. – 2006. – p.681-690.

Надійшла до редколегії 20.03.2013

УДК 621.391

**Маршрутизация с балансировкой нагрузки по длине очереди на узлах телекоммуникационной сети/ Стерин В. Л., Вавенко Т. В., Еферов Д. М. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 1 (977). – С. 45-49. – Бібліогр.: 12 назв.**

Запропоновано поточкову модель багатошляхової маршрутизації з балансуванням навантаження по довжині черг на вузлах телекомунікаційної мережі, проведено її дослідження та порівняння з іншими моделями.

**Ключові слова:** багатошляхова маршрутизація з балансуванням навантаження, багатошляхова затримка, коефіцієнт максимального використання каналів зв'язку, довжина черги, трафік.

The paper presents flow model of multipath routing with load balancing by the queue length at the nodes of telecommunications network. The proposed routing model is analyzed and compared with other models.

**Keywords:** multipath routing with load balancing, multipath delay, coefficient of maximum link utilization, queue length, traffic.

УДК 519.766.2:[35.077.1:004]

**Т. Г. БІЛОВА**, канд. техн. наук, ст. викл., Харківська державна академія культури;  
**В. О. ЯРУТА**, канд. техн. наук, доц., Харківська державна академія культури;  
**І. О. ПОБІЖЕНКО**, канд. техн. наук, ст. викл., Харківська державна академія культури

## **ФОРМУВАННЯ ОСНОВНИХ ПОКАЗНИКІВ ДЛЯ ІЄРАРХІЧНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ДОКУМЕНТООБІГУ**

Запропоновано підхід до відбору показників для проведення моніторингу документообігу в складних ієрархічних інформаційних системах на прикладі органів державного управління. Визначена модель формування показників на основі теорії множин.

**Ключові слова:** моніторинг, електронний документообіг, теоретико-множина модель, експертна оцінка.

**Вступ.** Підвищення якості функціонування органів державного управління пов'язане